

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування

Навчально-науковий механічний інститут

Кафедра теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства

**02-05-123**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи з навчальних дисциплін «Комп'ютерна графіка» та «Моделювання технічних об'єктів засобами чотиривимірної графіки у SolidWorks» (за вибором) на тему «Чотиривимірний друк моделі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами «Механічна інженерія» і «Транспорт» за спеціальностями 133 «Галузеве машинобудування» та 274 «Автомобільний транспорт» денної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною  
радою з якості освіти ННМІ НУВГП  
Протокол № 3 від 12 травня 2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до лабораторної роботи з навчальних дисциплін «Комп'ютерна графіка» та «Моделювання технічних об'єктів засобами чотиривимірної графіки у Solid Works» (за вибором) на тему «Чотиривимірний друк моделі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами «Механічна інженерія» і «Транспорт» за спеціальностями 133 «Галузеве машинобудування» та 274 «Автомобільний транспорт» денної форми навчання [Електронне видання] / Парфенюк О. В. – Рівне : НУВГП, 2020. – 10 с.

Укладач: Парфенюк О. В., старший викладач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства НУВГП.

Відповідальні за випуск: Козяр М. М., доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства НУВГП.

Керівник групи забезпечення спеціальності

133 «Галузеве машинобудування» \_\_\_\_\_ Кравець С. В.

Керівник групи забезпечення спеціальності

274 «Автомобільний транспорт» \_\_\_\_\_ Марчук М. М.

## Зміст

Вступ .....	3
1. Методичні рекомендації до лабораторної роботи .....	3
1.1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи.....	3
Рекомендована література.....	10

© Парфенюк О. В., 2020  
© НУВГП, 2020

## **Вступ**

3D принтер – це пристрій, який використовує метод пошарового створення фізичного об'єкту за цифровою (комп'ютерною) 3D моделлю.

У навчальному процесі ЗВО широко використовують 3D принтери різних виробників: Makerbot, Prime, Trident, Gigant, BigBox, Ultimaker, Reprap, Prusa, Wanhao, Witbox, DaVinci, Migce Cuble, Wanhao, Cubify, CubeX, UP і ін.

У лабораторній роботі описано розроблену автором схему друку тривимірної моделі на тривимірному принтері, що сприяє формуванню графічної компетентності здобувачів вищої освіти.

### **1. Методичні рекомендації до лабораторної роботи.**

Для того, щоб роздрукувати деталь на 3D принтері нам необхідно перевести тривимірну модель деталі в керуючий код принтера, оскільки більшість 3D принтерів не сприймають моделі в різних форматах, які створені за допомогою різних САПР.

Переважає більшість 3D принтерів використовують для друку формат STL. Формат STL використовує стандарт StereoLithography Interface Specification (SLIS) Інформація про об'єкт зберігається як масив трикутних граней, які описують його поверхню, та їх нормалей. STL-файл може бути текстовим (ASCII) або двійковим.

Слайсер – програма для перевodu тривимірної моделі деталі в керуючий код принтера. Існують багато платних та безкоштовних програм (Kisslicer, Slic3r, Skineforge та інші).

Слайсінг – процес перевodu тривимірної моделі деталі в керуючий код принтера.

Під час слайсінгу модель ріжеться на різні прошарки. Кожен з них буде складатися з заливки і периметра. У всіх моделей можна налаштувати відсоток заповнення але заливки може і не бути зовсім, така модель називається порожньою. Під час друку на кожному прошарку відбувається переміщення друкуючого елемента принтеру по осям X та Y, з нанесенням розплавленого пластику. Після закінчення друку одного прошарку відбувається зміщення по осі Z на прошарок вище, і процедура повторюється знову, доки модель не буде готова.

В деяких САПР, наприклад, в Solidworks, є вбудовані засоби для виводу моделі безпосередньо на 3D принтер (якщо він має зв'язок з комп'ютером, де встановлена САПР), або є можливість перевести модель в формат STL. На практиці, зазвичай, файл моделі в форматі STL записують на носій інформації (карту пам'яті SD або USB флеш), під'єднують носій безпосередньо до принтера та виконують друк без участі комп'ютера.

#### **1.1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

Для того, щоб роздрукувати модель на 3D принтері за допомогою САПР Solidworks нам необхідно побудувати та зберегти деталь (рис. 1).

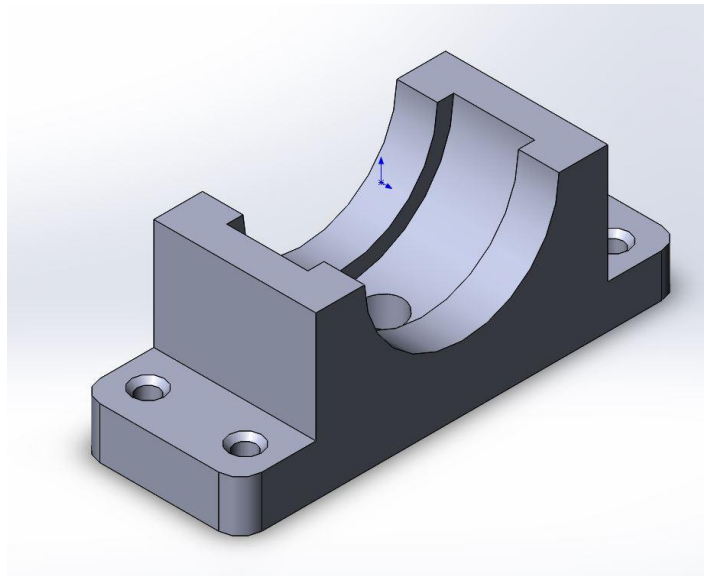


Рис. 1

Вибрати пункт меню «Файл-Print3D» (рис. 2).

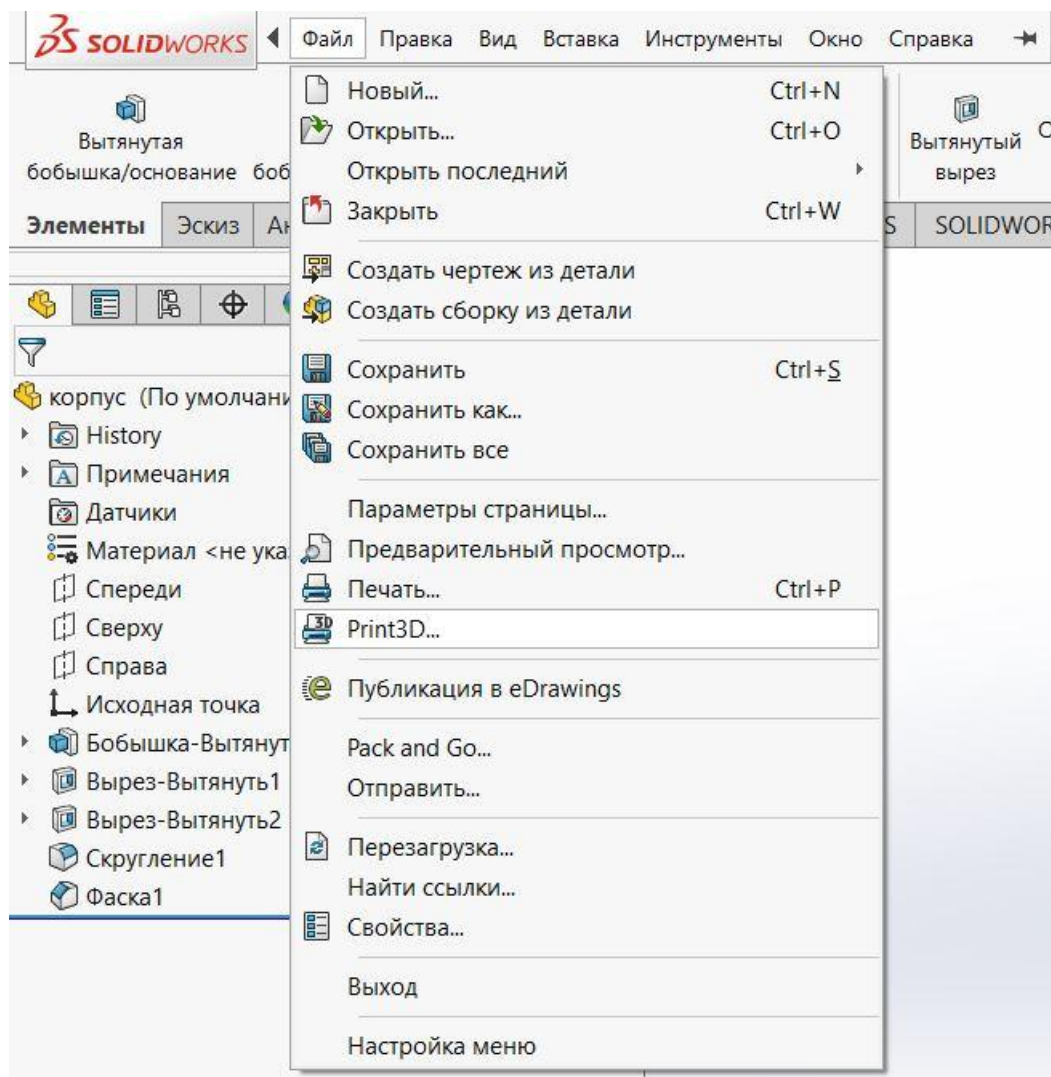


Рис. 2

У менеджрі властивостей відкріється вікно параметрів тривимірного друку. Для початку потрібно вибрати нижню площину моделі. Вона буде основою виробу (рис. 3-4).

Дуже важливо правильно вибрати нижню площину моделі.

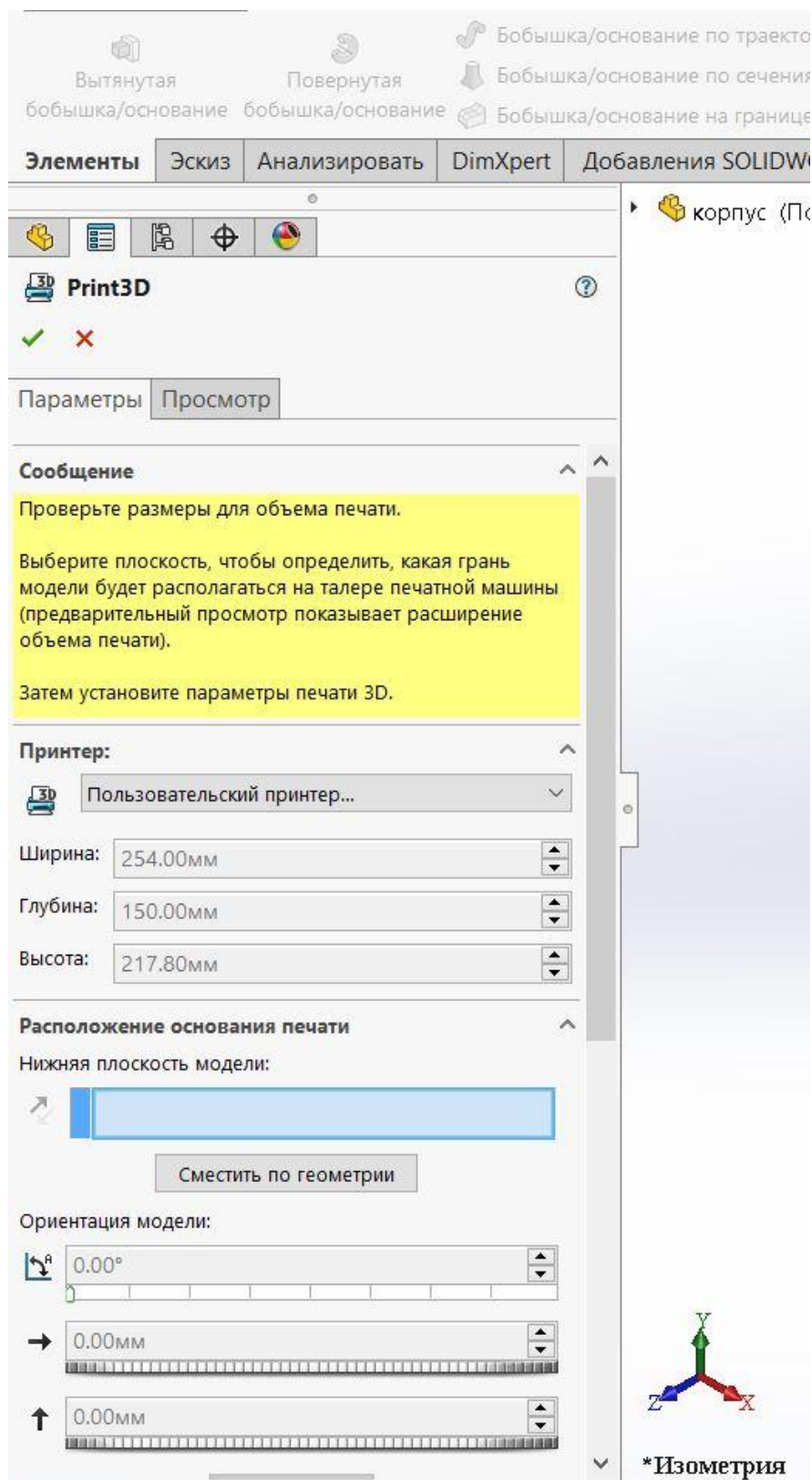


Рис. 3

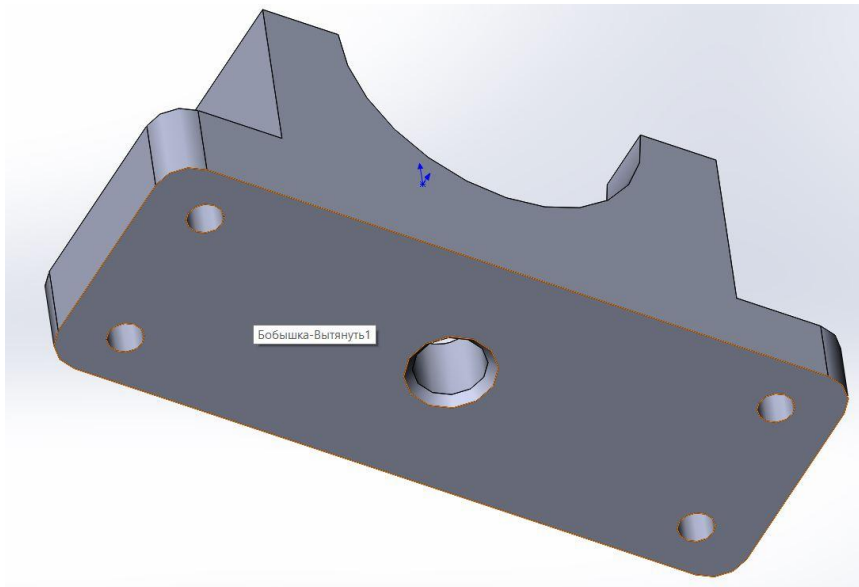


Рис. 4

Після цього в робочій області з'явиться максимальна область друку для принтера та модель в ній (рис. 5).

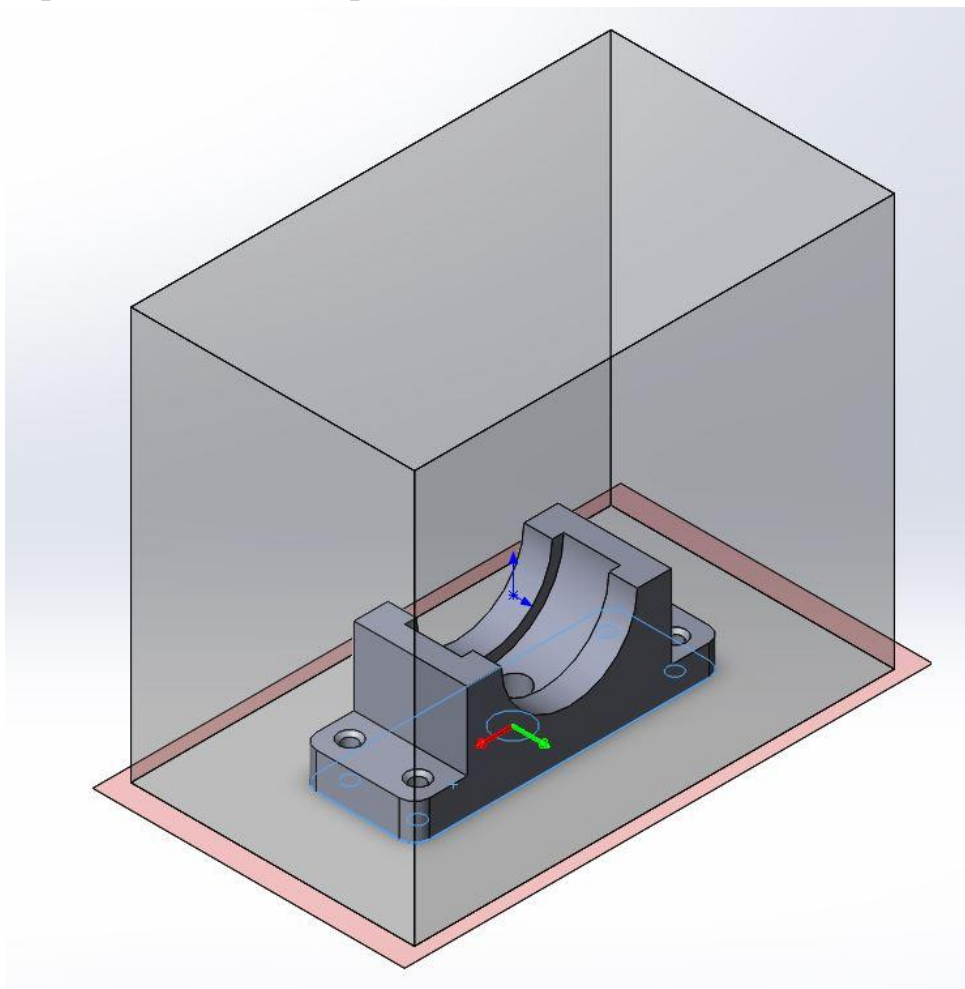


Рис. 5

Можна змінювати максимальні межі друку для конкретного принтера (рис. 6).

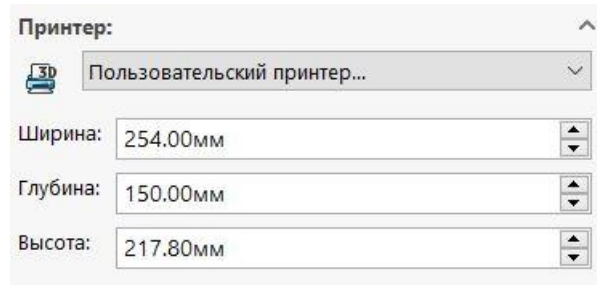


Рис. 6

Можна змінювати положення, масштаб та кут повороту моделі. Також можна змінювати якість, заповнення та вмикати / вимикати опори та основу (рис. 7).

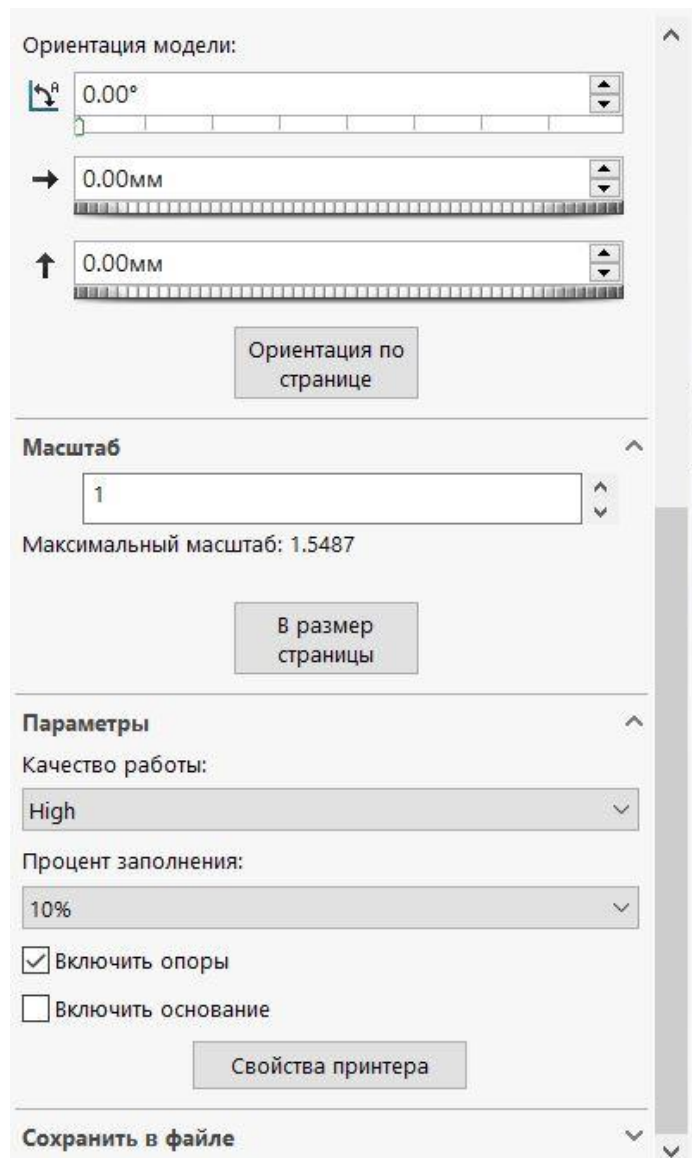


Рис. 7

Після цього можна роздрукувати модель безпосередньо на 3D принтері (якщо він має зв'язок з комп'ютером, де встановлена САПР), або зберегти файл в форматі STL для подальшого друку (рис. 8-9).

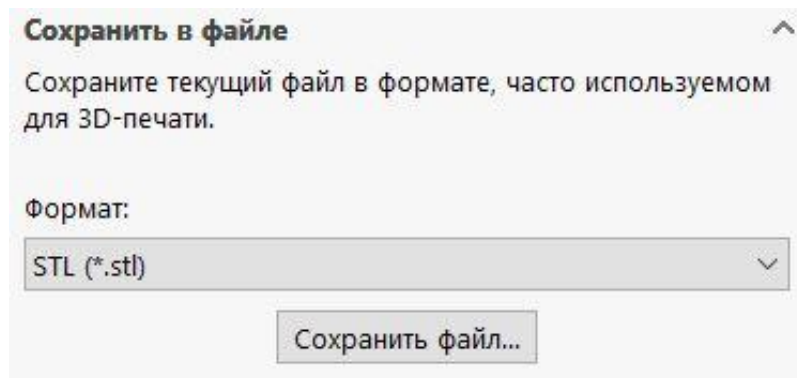


Рис. 8

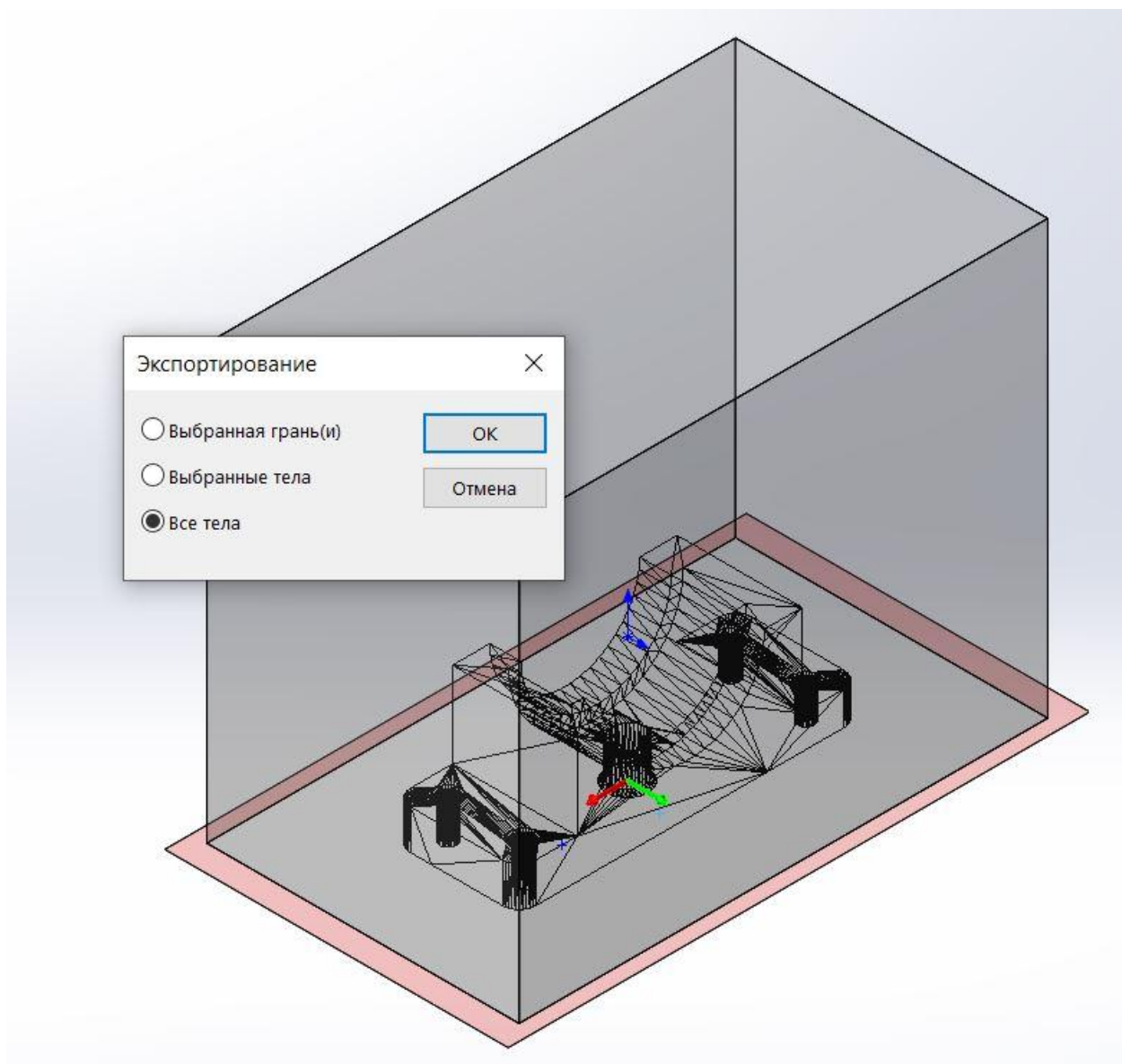


Рис. 9

Вище були викладені загальні рекомендації по підготовці моделі до тривимірного друку. Але, крім того є деякі важливі моменти які необхідно враховувати.



1. Ребра та грані, які перетинаються, можуть привести до некоректного друку. Тому, якщо модель складається з багатьох об'єктів, то їх треба звести в один.

2. Бажано (але не обов'язково) використовувати плоску основу. На столі принтера краще тримаються моделі з плоскою основою. Якщо модель відклеїться від столу (це називається деламінація), то порушиться геометрія основи моделі, а це призведе до зміщення координат по осях X і Y і виріб буде зіпсовано. Якщо модель не має плоскої основи або її площа занадто мала, тоді модель друкують на рафті – надрукованій підкладці. Але рафт псує поверхню моделі. Тому завжди краще намагатися обійтись без нього.

3. Стінки об'єкта повинні бути товщі або рівними, діаметру сопла принтера (як правило, 400 мікрон), який Ви використовуєте, коли будете друкувати модель. Якщо ви вкажете менші розміри, то принтер не зможе їх надрукувати. Товщина стінки залежить від тієї кількості периметрів які будуть друкуватися. Так, якщо буде 3 периметра стінки і діаметр сопла 0,5mm товщина стінок, які надрукуються, буде 0.5, 1, 1.5, 2 мм. Тобто товщина стінки має бути кратна діаметру сопла, якщо вона менше  $N * d$  ( $N$  – кількість периметрів,  $d$  - діаметр сопла).

4. Потрібно використовувати мінімум нависаючих елементів. Для всіх елементів, що нависають потрібна підтримка. Чим менше таких елементів, тим менша кількість підпорок буде потрібно. Це призведе до зменшення втрати часу і матеріалу. Крім цього підпорки будуть псувати поверхню, яка стикається з ними. Друк елементі, що нависають допускається, якщо кут нахилу буде менше 70 градусів.

5. Від механічних характеристик принтера залежить дуже багато, зокрема точність позиціонування по осях X і Y. Для принтерів початкового рівня вона складає приблизно 0.3 мм. Точність по осі Z визначається висотою прошарку. Для принтерів початкового рівня вона складає 0.1-0.4 мм. Висновок: висота самої моделі має бути кратна висоті прошарку. Також потрібно враховувати, що коли матеріал остигає він сідає, а це тягне за собою зміну розмірів об'єкта. Так само, є програмна сторона проблеми, не всі слайсери правильно обробляють внутрішній розмір і тому краще, збільшувати діаметр отворів на 0.1-0.2 мм.

6. При моделюванні великих об'єктів потрібно враховувати максимальні розміри області друку принтера. У випадках, коли об'єкт занадто великий, його потрібно буде порізати на окремі частини та спроектувати можливі з'єднання.

7. Як вже було зазначено, від правильної нижньої грані моделі та розташування моделі на платформі залежить дуже багато, наприклад міцність

об'єкта. Навантаження має ділитися поперек прошарків друку, а не вздовж. Якщо це не буде враховано, є ймовірність що прошарки розійдуться. На рис. 10 показано правильний вибір нижньої площини моделі.

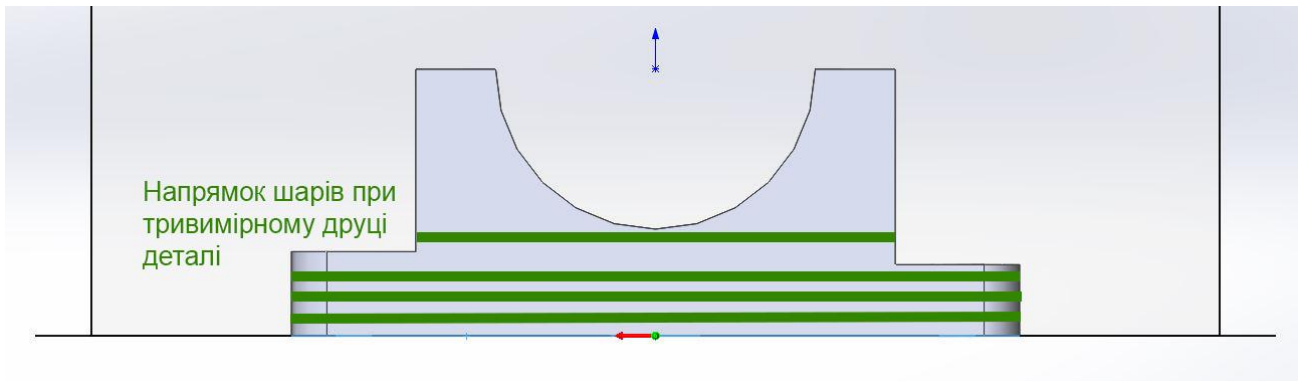


Рис. 10

На рис. 11 показано невірний вибір нижньої площини моделі.

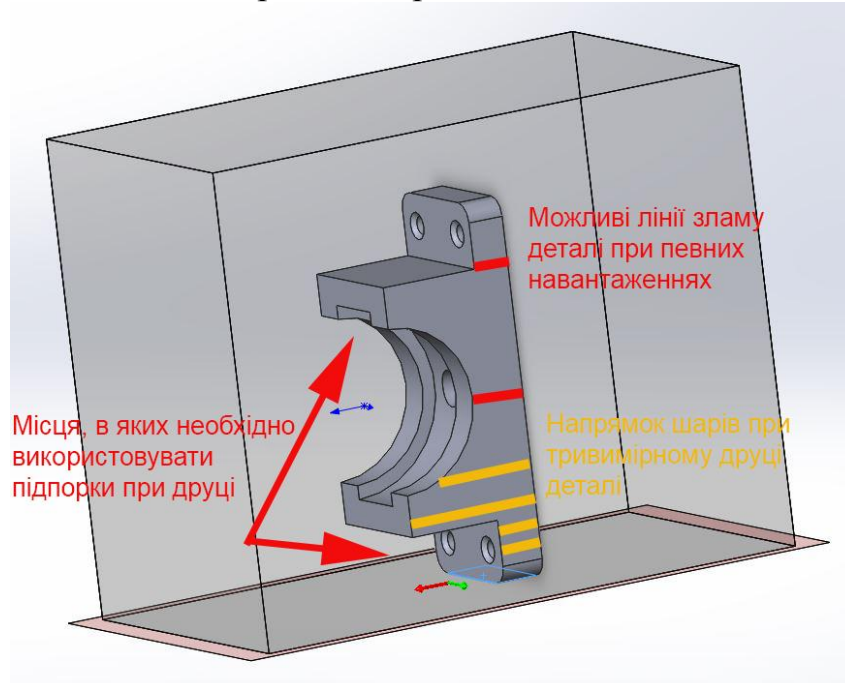


Рис. 11

При певних навантаженнях прошарки можуть розійтися (можливі місця зламу позначенні червоними лініями). Крім того, для друку моделі нам знодобляться підпорки, що збільшить час та вартість друку.

### Рекомендована література:

1. Козяр М. М., Фещук Ю. В., Парфенюк О. В. Комп'ютерна графіка. SolidWorks : навчальний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 252 с.
2. Козяр М. М., Парфенюк О. В. Чотиривимірне моделювання технічних об'єктів засобами САПР: електронний навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 313 с.